



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VODNÍHO DÍLA ŠIŠMA ZA POVODNÍ

SAFETY ASSESMENT OF THE ŠIŠMA DAM DURING FLOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Mikuláš Škrach

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Mikuláš Škrach
Název	Posouzení vodního díla Šišma za povodní
Vedoucí práce	doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Boor, B., Kunštátský, J., Patočka, C. 1968. Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.

ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže.

ČSN 75 2405 – Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

Vyhláška č. 367/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Manipulační a provozní řád pro vodní nádrž Šišma.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Náplní bakalářské práce bude posouzení bezpečnosti VD Šišma při povodních podle ČSN 75 2935. Mimo vlastního posouzení a prověření bezpečnosti VD Šišma při povodních budou také navržena opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti VD Šišma.

Požadavky na zpracování bakalářské práce:

1. Posouzení mezní bezpečné hladiny pro převedení kontrolní povodňové vlny,
2. Navržení opatření ke zvýšení bezpečnosti.

Práce bude zpracována podle ČSN 75 2935 a bude obsahovat:

- A. Úvodní část
- B. Účel a popis VD Šišma
- C. Základní údaje a podklady
 - C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
 - C.2. Hydrologické podklady
 - C.3. Technické parametry a podklady
 - C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni
 - C.5. Hydraulické výpočty
- D. Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži
- F. Závěrečné zhodnocení
- G. Nápravná a nouzová opatření
- H. Použité podklady
- I. Seznam příloh

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je posouzení vodní nádrže Šišma na převedení kontrolní povodňové vlny. Zpracování je v souladu s ČSN 75 2935. Výsledkem posudku je zhodnocení stávajícího stavu tělese hráze a funkčních objektů na nádrži Šišma a následný návrh funkčních opatření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vodní nádrž, vodní dílo, posouzení bezpečnosti, povodňová vlna, hráz, zemní hráz, kontrolní maximální hladiny, kontrolní povodňová vlna, transformace povodňové vlny, stabilita svahů, požerák, spodní výpust, bezpečnostní přeliv

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to evaluate the Šišma Dam during floods. The evaluation is done according to the requirements ČSN 75 2935. The result of the assessment is the evaluation of current condition of body of dam, bottom outlets and spillway and the subsequent proposals.

KEYWORDS

Water dam, water reservoir, Safety assessment, flood wave, earth dam, maximum check flood water level, check flood wave, flood wave transformation, slope stability, bottom outlet, emergency spillway

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Mikuláš Škrach *Posouzení vodního díla Šišma za povodní*. Brno, 2017. 32 s., 17 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních
staveb. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2017

Mikuláš Škrach
autor práce

Obsah

Identifikační údaje	3
Cíle a předmět práce	3
A. Úvodní část	4
B. Účel a popis vodního díla	6
B.1. Účel díla	6
B.2. Technický popis díla	6
B.2.1. Vzduchující objekt	6
B.2.2. Funkční objekty	8
C. Základní údaje a podklady	12
C.1. Požadovaná míra bezpečnosti	12
C.2. Hydrologické podklady	12
C.2.1. Varianta 1	12
C.2.2. Varianta 2	12
C.3. Technické parametry a podklady	13
C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla za povodní	14
C.4.1. Manipulace za povodní, obsluha díla, údržba	14
C.4.2. Vymezení retenčního prostoru	14
C.4.3. Stupeň povodňové aktivity pro profil hráze	14
C.4.4. Konstrukční uspořádání jednotlivých prvků vodního díla	14
C.5. Hydraulické výpočty	15
C.5.1. Návrh povodňové vlny	15
C.5.1.1. Varianta 1	15
C.5.1.2. Varianta 2	15
C.5.2. Odvození měrné křivky spodní výpusti	16
C.5.3. Odvození měrné křivky pořádku, při zavřené spodní výpusti	16
C.5.4. Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu	17
C.5.5. Transformace povodně	18
D. Stanovené mezní bezpečné hladiny (MBH)	19
D.1. Přelití hráze	19
D.2. Filtrační stabilita hráze	19
D.3. Celková stabilita hráze	20

D.4.	Souhrnné zhodnocení	20
E.	Stanovení kontrolní maximální hladiny (KMH) v nádrži.....	21
F.	Závěrečné zhodnocení	22
G.	Nápravná a nouzová opatření	23
G.1.	Geologický průzkum	23
G.2.	Geodetické přeměření a oprava manipulačního řádu.	23
G.3.	Vyčištění spodní výpustě.....	24
G.4.	Zajištění neprůjezdnosti.....	25
G.5.	Oprava bezpečnostního přelivu.....	26
H.	Použité podklady	27
I.	Seznam tabulek.....	28
J.	Seznam obrázků.....	29
K.	Seznam zkratk a symbolů.....	30
L.	Seznam příloh.....	32

Identifikační údaje

Název akce:	posouzení vodního díla Šišma
Zhotovitel:	Mikuláš Škrach
Výškový systém:	Balt po vyrovnání (BPV)
Souřadný systém:	S-JTSK
Vodní tok:	Obramka (4 – 12 – 02 – 087)

Cíle a předmět práce

Cílem bakalářské práce je posouzení bezpečnosti vodní nádrže Šišma při povodních podle ČSN 75 2935 [1]. Mimo vlastního posouzení a prověření bezpečnosti vodní nádrže Šišma při povodních bude také navrhnut opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti vodní nádrže Šišma.

Požadavky na zpracování práce:

1. posouzení mezní bezpečné hladiny pro převedení kontrolní povodňové vlny,
2. navržení opatření ke zvýšení bezpečnosti.

Práce bude zpracována podle ČSN 75 2935 [1] a bude obsahovat:

- A. Úvodní část
- B. Účel a popis vodní nádrže Šišma
- C. Základní údaje a podklady
 - C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni
 - C.2. Hydrologické podklady
 - C.3. Technické parametry a podklady
 - C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost díla při povodni
 - C.5. Hydraulické výpočty
- D. Stanovení mezní bezpečné hladiny
- E. Stanovení kontrolní maximální hladiny
- F. Závěreční zhodnocení
- G. Nápravná a nouzová opatření
- H. Použité podklady

A. Úvodní část

Vodní dílo Šišma je průtočná malá vodní nádrž IV. kategorie, která leží na toku Obramka na km 0,350, který dále ústí do toku Šišemka v km 5,600. VD Šišma leží nad obcí Šišma, na jejím okraji, západním směrem. S ohledem situování k obci je potřeba provést posudek z hlediska potenciálního nebezpečí a možných ztrát. I když je nádrž položena nad obcí a koryto potoka vede středem obce a následně se skoro kolmo napojuje na potok Šišmenka, tak vzhledem k velikosti nádrže jsou lidské oběti nepravděpodobné, ale předpokládají se značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopad v rozsahu regionu.

Tato práce se zabývá návrhem povodňové vlny s dobou opakování $N = 200$ let analogií podle obdobných povodí, přičemž doba opakování povodně je stanovena podle ČSN 75 2935 [1] a vyhláškou č. 590/2002 Sb. v platném znění [3], dále se práce zabývá posouzením VD Šišma za povodně dle ČSN 75 2935 [1] a případným návrhem nápravných opatření.

Důvodem opětovného posouzení je rozdílnost norem a předpisů v době návrhu stavby VD Šišma a dnešní doby. Dalším důvodem je změna hydrologických podkladů.

Tabulka 1-Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl při povodni [3]

Skupina vodních děl	Označení výše škody	Kategorie vodního díla	Hodnotící hlediska	Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla	
				$p=1/N$	N (let)
A	velmi vysoké	I. – II.	očekávají se značné ztráty na lidských životech	0,0001	10 000
		II.	ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
B	vysoké	III. – IV.	očekávají se ztráty na jednotlivých lidských životech	0,001	1000
			ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné	0,005	200
C	nízké	IV.	škody pod vodním dílem a ztráty z užitku	0,01	100
			ztráty jsou jen u vlastníka, ostatní škody jsou nevýznamné	0,02 až 0,05	50 až 20

Tabulka 2-Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [1]

Kategorie VD	Pravděpodobné škody při hypotetické havarii VD	Hodnotící kritéria podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havarii VD		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potenciální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	$p = 1/N$	N (let)
I.	velmi vysoké	mimořádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
II.	Vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozměru	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Tabulka 3-Výškové úrovně vybraných bodů [7]

	Manipulační řád	Geodetické zaměření	Mapa	Jednotky
Koruna hráze	274,00	273,30		m n. m.
Vyústění spodní výpusti	266,90	265,90		m n. m.
Vyústění bezpečnostního přelivu	270,80	270,10		m n. m.
Spojení koryt spodní výpusti a bezpečnostního přelivu			268,00	m n. m.
Nejbližší stavba ležící u potoka			264,00	m n. m.
Přítok do potoka Šišmenka			259,00	m n. m.

B. Účel a popis vodního díla

B.1. Účel díla

Vodní nádrž Šišma je víceúčelová vodní nádrž. Nachází se západně nad obcí Šišma na potoce Obramka, která ústí do toku Šišemka v říčním km 5,60. Vzdálenost nádrže od kraje zástavby je asi 130 m.

Hlavní účel vodního díla Šišma je [7]:

- akumulace vody pro závlahu zemědělských pozemků,
- akumulace provozní vody,
- chov ryb pro sportovní rybaření.

Vedlejší účely vodního díla [7]:

- zdroj požární vody,
- zmírnění velkých vod neovladatelným retenčním prostorem.

B.2. Technický popis díla

VD Šišma je VD IV. Kategorie. Je to průtočná nádrž se zemní hrází a s plochou povodí 1,95 km² k profilu hráze.

Typ nádrže	průtočná
Objem vody při M_z	41 078 m ³
Plocha hladiny při M_z	1,64 ha
Plocha povodí	195 ha

Tabulka 4-Rozdělení objemů nádrže [7]

Hladina	Hladina	Prostor v nádrži	Rozmezí hladin	Dílčí objem	Celkový objem	Zatopená plocha
	[m n. m.]		[m n. m.]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[ha]
M_s	268,60	stálého nadržení	265,90–268,60	5,88	5,88	0,65
M_z	271,60	Zásobní	268,60–271,60	35,20	41,08	1,64
M_{max}	272,00	Retenční	271,60–272,00	7,06	48,14	1,89

B.2.1. Vzdušující objekt

Vzdouvacím objektem je zemní homogenní hráz lichoběžníkovým průřezem s bermou, která je tvořena přisýpanou přebytečnou zeminou. Šířka bermy je 4,5 m na kótě 270,0 m n. m. Sklony svahu má 1:2,35 pro návodní líc opevněný makadamovým pohozením, horní část o šířce 4,8 m zpevněna štetem o tloušťce 300 mm. V patě svahu je záhozová patka. Vzdušný líc je ve sklonu 1:1,6 a je ohumusován a oset. Hráz je z jílovité zeminy se svislým štěrkovitým filtrem se svodným drénem DN 150, vyvedený do vývěřiště výpustního zařízení z obou stran. Hráz je přímá se šířkou koruny 4 m, v dnešní době je pojezd po hrázi zakázán. Z důvodu zabránění pojezdu má na koruně hráze z na levé straně po proudu potoka být jeden velký čtyř tunový

kámen (obr. 1) a na pravé straně dva menší dle [16]. Při místních šetření bylo zjištěno, že 4 tunový kámen chybí a dva menší jsou objížďeny po návodním líci. Nejnižší místo koruny hráze je na kótě 273,30 m n. m. (pravá strana hráze po směru toku), však na levé straně po směru toku se hráz zvedá až na kótu 273,80 m n. m. V nejvyšším místě má hráz výšku nade dnem 7,6 m.



Obr. 1 Koruna hráze (nyní pouze částečně) zabezpečená proti pojezdu

Těleso hráze

Kóta koruny:	273,30 m n. m.
Min. kóta v patě:	265,90 m n. m.
Max. výška hráze:	7,6 m
Návodní líc: - sklon:	1:2,35
- opevnění:	zpevnění makadamovým pohozem
Vzdušný líc - sklon:	1:1,6
- opevnění:	ohumusování a osetí

Hladiny nádrže

Hladina stálého nadržení:	268,60 m n. m.
Hladina zásobního prostoru:	271,60 m n. m.
Maximální hladina:	272,00 m n. m.

B.2.2. Funkční objekty

B.2.2.1. Výpustný objekt

Výpustný objekt slouží k převádění povodňových průtoků, vypouštění malé vodní nádrže a k udržování hladiny zásobního prostoru.

Vtokový objekt je vysoký 3 m s dnem na kótě 268,90 m n. m. Je navržený jako jednoduchý otevřený požerák, který má dvoje drážky a ocelový žebřík pro sestup. V jedné drážce jsou dluže a druhé slouží pro provizorní hrazení, nebo pro umístění česlí, když by se nádrž musela vypustit pod hladinu stálého nadržení, která je na kótě 268,90 m n. m. Na vtokovém objektu jsou umístěny ocelové česlice 640/620. Vtokový objekt je zaústěn do potrubí DN 500 délky 11,5 m se sklonem 1 %. Potrubí je obetonované s příčnými žebry a napojuje do kruhového požeráku průměru 1 500 mm.

Požerák je v půli přepažen betonovou stěnou, na které jsou umístěné dřevěné dluže pro regulaci vody v rozmezí kót 270,90 – 271,60 m n. m. Dluže mají tloušťku 0,17 m. Požerák je na horní hraně na kótě 271,95 m n. m. opatřen ocelovou vtokovou mříží. Pro výtok slouží šoupě DN 500 ve stěně rozdělovací příčky v požeráku s ovládáním na vrchu požeráku. Šoupě má spodní hranu na kótě 265,80 m n. m. Požerák navazuje na potrubí DN 600 délky 18,1 m se sklonem 1,2 % které vede pod hrází ven a ústí na kótě 265,60 m n. m. Potrubí je také obetonované s příčnými žebry. Obě potrubí jsou typu VIANIMI.

Za vyústěním je vývar o délce 5 m a hloubce 0,25 m. Koryto pod výtokovým objektem je opatřeno kamennou dlažbou tloušťky 250 mm položenou v betonovém loži tloušťky 100 mm. Celé je to zajištěno betonovým prahem 400 x 500 mm. Nad výtokem je opatřen zábradlím.



Obr. 2 Požerák - vtoková mříž

Základní údaje

Dno vtokového objektu:	265,90 m n. m.
Vrch vtokového objektu:	268,90 m n. m.
Délka přívodního potrubí:	11,5 m
Dno požeráku:	265,80 m n. m.
Vrch požeráku:	271,95 m n. m.
Rozmezí dřevěných dluží:	270,90 – 271,60 m n. m.
Délka odpadního potrubí:	18,1 m
Kóta vyústění:	265,60 m n. m.
Kapacita požeráku při max. hladině:	
- zavřená spodní výpust:	1,46 m ³ /s
- otevřená spodní výpust:	2,13 m ³ /s

B.2.2.2. Bezpečnostní přeliv

Leží v severní části nádrže. Bezpečnostní přeliv je kašnového typu, je to půlkruh vnitřním o poloměru 1000 mm a délce 3,14 m napojený na dvě přímé části, každá o délce 1 m. Celková délka přelivné hrany je 5,14 m hloubka 1,4 m. Šířka přelivné hrany je 450 mm. Šířka stěny

bezpečnostního přelivu je 600 mm, v horní části je zkosena v poměru 5:1 na šířku 450 mm. Kóta přelivné hrany je 271,60 m n. m. Délka potrubí pod hrází je 11,5 m se sklonem 1 %.

Celý objekt je obložený kamennou dlažbou tl. 250 mm. Dno tvoří 500 mm tlustá betonová deska do které je usazena kamenná dlažba tl. 250 mm.

Odtok betonovým potrubím TZA-1 DN 1000 celkové délky 12,0 m se sklonem 1 %. Potrubí je obetonované v tloušťce 150 mm. Za výtokem potrubí je zpevněný skluz do potoka O Bramka. Kapacita koryta vodního toku je 3,9 m³/s. Výtok bezpečnostního přelivu je opevněn betonovou opěrnou zdí šířky 500 mm.



Obr. 3 Bezpečnostní přepad

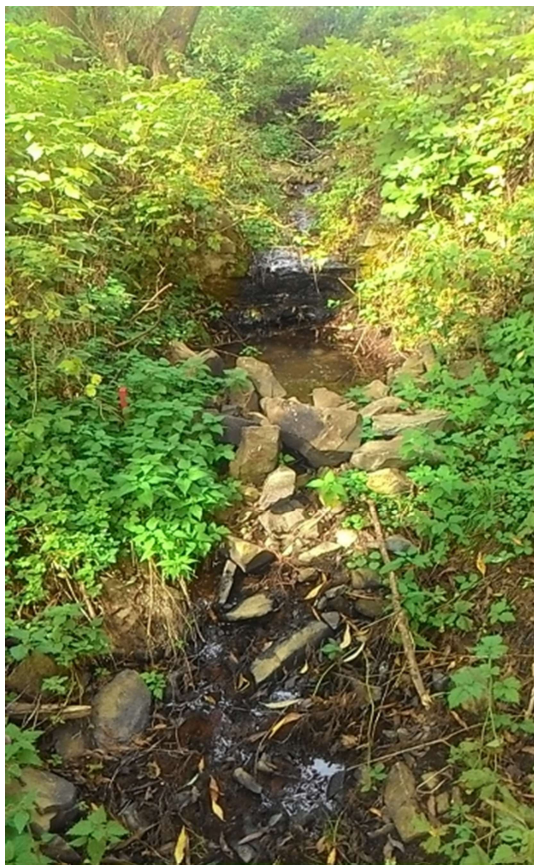
Základní údaje

Kóta hrany přelivu	271,60 m n. m.
Kapacita přelivu při max. hladině	4,34 m ³ /s
Délka přelivné hrany	5,14 m
Délka odpadního potrubí	12,0 m

Koryto za bezpečnostním přelivem se napojuje na koryto ze spodní výpustě asi 80 m pod hrází. Napojení není nijak zvlášť zpevněno.

B.2.2.3. Koryto pod hrází

Koryto pod hrází není nijak zpevněno. Je široké asi 0,5 m se svahy ve sklonu 1:1,5.



Obr. 4 Koryto pod hrází

B.2.2.4. Usazovací nádrž

Leží 250 m od hráze proti proudu. Je tvořena hrází s korunou 3 m na kótě 271,60 m n. m. se sklony 1:2 pro návodní líc a 1:2,5 pro vzdušný líc. Hráz je z lomového kamene s filtrační částí z drceného kameniva 32/4 mm. Usazovací nádrž má celkový usazovací objem 380 m³. Její účel je zachytit splaveniny před vodním dílem.

B.2.2.5. Zařízení pro měření

Na hrázi ani na objektech vodního díla Šišma není zařízení pro kontrolní měření, ani kontrolu hráze.

C. Základní údaje a podklady

C.1. Požadovaná míra bezpečnosti

VD Šišma spadá do IV. kategorie podle ČSN 75 2935 [1] a přílohy k vyhlášce 590/2002 Sb. novelizováno vyhláškou 367/2005 Sb. [3].

Navzdory položení malé vodní nádrže Šišma nad obcí Šišma (příloha č. 1), nejsou předpokládány ztráty na lidských životech, ale předpokládají se značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopad v rozsahu regionů. Z tohoto důvodu navrhuji dobu opakování kontrolní povodňové vlny (KPV) na $N = 200$ let.

Předpoklad je, že malá vodní nádrž Šišma má před povodní hladinu vody na úrovni hrany dlužové stěny, tedy na úrovni zásobního prostoru na kótě 271,60 m n. m. Dalším předpokladem je uzavřená spodní výpust z důvodu, že na nádrži není stálá obsluha pro manipulaci spodní výpusti.

C.2. Hydrologické podklady

Hydrologické podklady jsou ve dvou variantách z důvodu starých hydrologických podkladů z manipulačního řádu. První varianta jsou podklady vzaté z Manipulačního řádu z roku 1991 [6]. Druhá varianta jsou hydrologické podklady jiných posudků na vodní nádrže pro vytvoření vlastních hydrologických podkladů pomocí aproximace.

C.2.1. Varianta 1

Hydrologické údaje jsou převzaty z Manipulačního řádu z roku 1991 [6].

Tok:	Obramka
Hydrologické číslo povodí:	4 – 12 – 02 – 087
Plocha povodí:	1,95 km ²
Průměrný dlouhodobý roční průtok Q_a :	11,01 l/s
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek:	450 mm
Minimální průtok pod vodním dílem:	1,9 l/s
Neškodný odtok pod vodním dílem:	3,9 m ³ /s

Tabulka 5-M-denní průtoky [7] [6]

Dnů v roce		30	90	180	270	330	355	364
Q_m	[l/s]	26,8	11,7	60	3,5	1,9	1,3	0,9

Tabulka 6-N-leté průtoky (z roku 1991) [7] [6]

Roků		1	2	5	10	20	50	100
Q_N	[m ³ /s]	0,37		0,86		1,70	2,62	3,75

C.2.2. Varianta 2

Posudky nádrží, které byly použity:

- MVN Bartošovice II

Tabulka 7-N-leté průtoky [11]

Roků		1	2	5	10	20	50	100	200	1000
Q_N	[m ³ /s]	1,71	2,52	4,01	5,49	7,28	10,2	12,8	15,9	23,5

Velikost povodí je 5,64 ha

- MVN Starý Jičín

Tabulka 8-N-leté průtoky [12]

Roků		1	2	5	10	20	50	100	200	1000
Q_N	[m ³ /s]	1,99	3,45	6,10	8,66	11,7	16,6	21,1	26,2	39,8

Velikost povodí je 5,49 ha

- MVN Guntramovice

Tabulka 9-N-leté průtoky [13]

Roků		1	2	5	10	20	50	100	200	1000
Q_N	[m ³ /s]	1,41	2,84	4,10	5,45	6,91	8,99	10,7	12,5	17,2

Velikost povodí je 2,97 ha

C.3. Technické parametry a podklady

Popis konstrukčního uspořádání a technické parametry jsou souhrnně popsány v kapitole B.2.

Vybrané parametry vodního díla jsou:

Plocha povodí:	1,95 km ²
Číslo hydrologického okrsku:	4 – 12 – 02 – 087
Průměrná roční výška srážek:	450 mm
Průměrný roční průtok:	11,01 l/s
Kóta dna nádrže:	265,90 m n. m.
Kóta koruny hráze:	273,30 m n. m.
Kóta koruny bezpečnostního přelivu:	271,60 m n. m.
Kóta maximální hladiny:	272,00 m n. m.
Kóta zásobního prostoru:	271,60 m n. m.
Kóta hladiny stálého nadržení:	268,90 m n. m.
Objem prostoru stálého nadržení:	5,88 tis. m ³
Objem zásobního prostoru:	35,20 tis m ³
Objem prostoru neovladatelného:	7,06 tis m ³
Objem celkového prostoru:	48,14 tis m ³
Plocha zátopy na kótě 271,60 m n. m.:	1,64 ha

Plocha zátopy při maximální hladině: 1,89 ha

Plocha zátopy při dosažení koruny hráze: 2,80 ha

Povodeň s dobou opakování $N = 200$ let Varianta1:

objem vlny: 98,4 tis m^3

kulminační průtok: 5,10 m^3/s

Povodeň s dobou opakování $N = 200$ let Varianta2:

objem vlny: 158,9 tis m^3

kulminační průtok: 7,67 m^3/s

C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla za povodní

Vodní dílo Šišma nemá stálou obsluhu, která by mohla manipulovat se spodní výpusti za povodní. Uzávěry spodní výpusti jsou manuální a nejdou tedy obsluhovat dálkově.

C.4.1. Manipulace za povodní, obsluha díla, údržba

Vodní dílo Šišma není napojeno na předpovědní a hláskou službu. V případě povodňových průtoků obsluha vodního díla zvýší četnost pochůzek, kontroluje stavy hráze a funkčních objektů. Hlásí stavy správci povodí díla a povodňovým orgánům.

C.4.2. Vymezení retenčního prostoru

Pro transformaci povodňové vlny je v nádrži určen prostor neovladatelné prostoru, od kóty bezpečnostního přelivu 271,60 m n. m. až po maximální hladinu na kótě 272,00 m n. m. Objem vymezeného prostoru je 7,06 tis m^3 .

C.4.3. Stupeň povodňové aktivity pro profil hráze

I. stupeň povodňové aktivity (bdělost) – nastává při dosažení hladiny na kótě 271,80 m n. m. (0,2 m nad korunou přelivu). Při dosažení této hladiny, obsluha měří vodní stavy 2x denně a ohlásí to správci vodního díla a povodňovým orgánům v obci Šišma.

II. stupeň povodňové aktivity (pohotovost) – nastává při hladině na kótě 272,00 m n. m. (0,4 m nad korunou přelivu). Při dosažení této hladiny, obsluha měří vodní stavy 2x za hodinu, při rychlém nástupu povodně i častěji, dle pokynů pracovníků Povodí Moravy.

III. stupeň povodňové aktivity (ohrožení) – nastává při dosažení hladiny na kótě 272,40 m n. m. Dosažení II. stupně obsluha odečítá vodní stavy 4x za hodinu, při rychlém nástupu i častěji, dle pokynů pracovníků Povodí Moravy. Dále to oznámí správci vodního díla, povodňovým orgánům obce Šišma, města Přerov a Povodí Moravy, s.p.

C.4.4. Konstruktivní uspořádání jednotlivých prvků vodního díla

C.4.4.1. Těleso hráze

Hráz vodního díla Šišma je homogenní a je vysoká 7,6 m a má nerovnou korunu která se v rozmezí na kótách 273,30 – 273,80 m n. m. Vzdušný svah má lavičku a oba jsou ve sklonu 1:1,6. Návodní strana má sklon 1:2,35. I když v manipulačním řádu není stanoven materiál hráze, tak normy ČSN 75 2410 dovoluje maximální sklony hráze i pro ten nejvhodnějším materiál maximálně 1:3 pro návodní líc a 1:2 pro vzdušný líc. Z toho vyplývá, že ani jeden svah nevyhovuje dle normy ČSN 75 2410.

C.4.4.2. Výpustný objekt

Objekt při povodni figuruje při přelítí dlužové stěny na kótě 271,60 m n. m. a následně při přelítí vrchu požeráku na koruně 271,95 m n. m. Požerák se skládá z vtokového objektu, vtokového potrubí, samotné šachty požeráku, odpadního potrubí a vývaru po hrázi. Hladina zásobního prostoru je určována dlužovou stěnou, její nastavení může ovlivnit transformaci povodně.

C.4.4.3. Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je tvořen přelivnou hranou ve tvaru půlkruhu s dvěma rovnými částmi. Celková délka bezpečnostního přelivu je 5,14 m. Další částí bezpečnostního přelivu je odpadní potrubí dlouhé 12 m. K bezpečnostnímu přelivu se dá dostat přímo z hráze.

C.5. Hydraulické výpočty

Hydraulické výpočty odvozují obsahují:

- návrh povodňové vlny,
- výpočet měrné křivky spodní výpusti,
- výpočet měrné křivky bezpečnostního přelivu,
- transformace povodní.

C.5.1. Návrh povodňové vlny

Povodňová vlna byla odvozena ve dvou variantách – viz odstavce C.5.1.1 a C.5.1.2.

C.5.1.1. Varianta 1

Tato varianta návrhu povodně dodržuje hodnoty maximálního průtoku podle manipulačního a provozního řádu z roku 2003, která je přejímá z manipulačního řádu z roku 1991 [6]. Tabulka průtoku viz kapitola C.2.1.

Povodňová vlna je navržena pomocí analogie z povodňových vln od ČHMÚ z MVN Markvartovice F [11], Bartošovice II [12], Guntramovice [13], Stará Jičín [14], které se velikostí nádrží a povodí nejvíce přibližovaly povodí nádrže Šišmy. Výsledné povodňové vlna viz příloha č. 8. PV₂₀₀ má maximální průtok 5,10 m³/s a celkový objem 98,4·10³ m³.

C.5.1.2. Varianta 2

Druhá varianta návrhů povodňové vlny nezohledňuje maximální průtoky z manipulačního řádu, ale využívá analogie z vodních nádrží Markvartovice F, Bartošovice II, Guntramovice. Hodnoty k těmto třem nádržím byli převzaty z ČHMÚ. Výsledné hodnoty mnohem více přibližují k hodnotám uvedených z diplomové práce [15], které byli převzaty z hodnot ČHMÚ a z programu DesQ-MaxQ. Výsledná povodňová vlna viz příloha č. 9. PV₂₀₀ má maximální průtok 7,67 m³/s a celkový objem 158,9·10³ m³

N-leté průtoky obou variant jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10-Maximální průtoky povodňových vln

PV		100	200	1000
Varianta 1	[m ³ /s]	3,75	5,10	8,50
Varianta 2	[m ³ /s]	6,32	7,67	11,19

Z porovnání průtoků lze vidět že hodnoty jsou velmi rozdílné, nejspíše vlivem změny hydrologických podmínek od roku 1999, což je rok vydání manipulačního řádu, kde jsou uvedeny. Nebo míra nepřesnosti při vytváření maximálních průtoků a povodňových vln.

C.5.2. Odvození měrné křivky spodní výpusti

Při otevření spodní výpusti se při hladině pod hranu požeráku ukáže jako omezující potrubí DN 500 a stejně velké kanalizační šoupě. Při hladině nad dlužovou stěnu na kótě 271,60 m n. m. šoupě přestává být omezující, ale potrubí stále zůstává. Průtok potrubím je vypočteno podle rovnice:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh_T}, \quad (1)$$

kde:

μ je součinitel odtoku [-],

A je plocha průtočného průřezu [m²],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h_T je výška od hladiny k těžišti výtokového otvoru [m].

Při přelití koruny požeráku na kótě 271,950 m n. m. začne být omezující odpadní potrubí DN 600 počítáno podle stejné rovnice (1).

C.5.3. Odvození měrné křivky požeráku, při zavřené spodní výpusti

Při odtoku vody z nádrže přes požerák, voda nejprve protéká přes vtokový objekt a následně vtokovým potrubím DN 500. Vtokové potrubí neomezuje maximální průtok požerákem. Průtok je počítán jako výtok hydraulicky malým otvorem dle rovnice:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh_T}, \quad (2)$$

kde:

μ je součinitel odtoku [-],

A je plocha průtočného průřezu [m²],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h_T je výška od hladiny k těžišti výtokového otvoru [m].

Průtok vtokovým potrubím při hladině 271,95 m n. m., což je hladina hrany požeráku a tedy kóta, kde mají vliv rozměry vtokového potrubí, je 1,60 m³/s.

Následně voda protéká přes dlužovou stěnu, se kterou lze manipulovat v rozmezí kót 271,60 – 270,90 m n. m. Dlužová stěna se udržuje na maximální kótě z důvodu udržení plného zásobního prostoru. Délka hrany dlužové stěny je 1,5 m. Přepad vody přes dlužovou stěnu se počítá jako přepad přes ostrohranný přeliv podle rovnice:

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} h^{3/2} \quad (3)$$

kde:

b je šířka přelivné hrany [m],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h je výška paprsku [m],

m je přepadový součinitel podle vztahu $m = \frac{2}{3} \mu$.

Průtok přes dlužovou stěnu při hladině 271,95 m n. m. je 1,34 m³/s.

Při hladině vyšší než 271,95 m n. m., která určuje horní hranu požeráku, přitéká voda po celé hraně požeráku a tím se stává limitujícím odtokové potrubí DN 600, která má průtok 2,39 m³/s při maximální hladině. Odtok potrubím je počítán stejně jako vtokové potrubí.

Měrná křivka je uvedena v příloze č. 7.

C.5.4. Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu

Bezpečnostní přeliv má vnitřní přelivnou hranu dlouhou 5,14 m. Přepad přes bezpečnostní přeliv je počítán jako přepad přes širokou korunu, která je dán vztahem:

$$Q = mb_0\sqrt{2g}h_0^{3/2}, \quad (4)$$

kde:

b_0 je účinná šířka přelivné hrany [m],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h_0 je přepadová výška s připočtenou rychlostní výškou [m],

m je součinitel přepadu [-], počítán podle vzorce (ε je zúžení přepadového paprsku):

$$m = \varphi\varepsilon_1\sqrt{1 - \varepsilon_1}. \quad (5)$$

Při vyšší hladině se stane omezující potrubí pod hrází DN 1000, které je počítáno jako volný výtok kruhovým otvorem dle rovnice:

$$Q = \mu \left[1 - \frac{1}{32} \left(\frac{r}{h_T} \right)^2 - \frac{5}{1024} \left(\frac{r}{h_T} \right)^4 \right] \pi r^2 \sqrt{2gh_T}, \quad (6)$$

kde:

μ je součinitel výtoku otvorem [-],

r je poloměr potrubí [m],

h_T je hloubku k těžišti otvoru [m],

g je gravitační zrychlení [m/s²].

Součinitel výtoku μ je dán vztahem:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi + \frac{L}{D}}}, \quad (7)$$

kde:

α je Corellisovo číslo [-],

ξ je součinitel místních ztrát,

λ je součinitel ztrát třením po délce vypočtený podle Nikuradseova vztahu:

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log \frac{3,7D}{\Delta} \right)^2}, \quad (8)$$

kde:

Δ je drsnost potrubí [mm],

D je průměr potrubí [m].

Měrná křivka je uvedena v příloze č. 6.

C.5.5. Transformace povodně

Transformace povodně byla udělala ve dvou variantách z důvodu návrhu dvou různých povodní s dobou opakování 200 let. Obě transformace byli udělaný programem NÁDRZ [4]. NÁDRZ je program který využívá numerickou integraci rovnice. Byla použita jednokroková metoda.

Při výpočtech je využito teoretického vztahu [4]:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t), \quad (9)$$

$$dV(t) = A_s(H(t)) \cdot dH(t), \quad (10)$$

$$A_s(H(t)) \frac{dH(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t), \quad (11)$$

kde:

$Q_{in}(t)$ je přítok do nádrže [m^3/s],

$Q_{out}(t)$ je odtok vody z nádrže [m^3/s],

$dV(t)/dt$ je okamžitá změna objemu vody v nádrži [m^3],

$A_s(H(t))$ je zatopená plocha [m^2],

$dH(t)/dt$ je okamžitá změna polohy vody v nádrži [m].

C.5.5.1. Varianta 1

Varianta 1 je transformace povodně která je určena maximálním průtokem daným manipulačním řádem z roku 1999. Maximální přítok je $5,10 \text{ m}^3/\text{s}$ s celkovým objemem povodně $98\,400 \text{ m}^3$. maximální odtok z nádrže za povodně je $4,77 \text{ m}^3/\text{s}$. Z toho vyplývá, že nádrž transformuje povodeň, ale i trochu zmírní průtok. Viz příloha č. 10.

Hladina vody v nádrži vystoupá maximálně na kótu 272,104 m n. m. což je o 0,104 m výše než maximální hladina v nádrži, ale stále pod mezní bezpečnou hladinou, která je stanovena na 272,40 m n. m.

C.5.5.2. Varianta 2

Varianta 2 je transformace povodně s maximálním přítokem $7,67 \text{ m}^3/\text{s}$ s celkovým objemem povodně $158\,900 \text{ m}^3$. maximální odtok z nádrže za povodně je $6,78 \text{ m}^3/\text{s}$. Z toho vyplývá, že nádrž transformuje povodeň, ale zmírní průtok. Viz příloha č. 11. Průtok, který je pod nádrží je ale větší než neškodný odtok a tím je ohrožena stabilita koryta a případné vylití vody z koryta. Neškodný odtok je dán manipulačním řádem a je stanoven na $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Hladina vody v nádrži vystoupá maximálně na kótu 272,446 m n. m.

D. Stanovené mezní bezpečné hladiny (MBH)

Při stanovení MBH byla dle ČSN 75 2935 [1] zvažována tato hlediska:

- protržení hráze z důvodu povrchové eroze při přelítí hráze,
- protržení hráze z důvodu porušení filtrační stability hráze nebo podloží,
- protržení hráze z důvodu posunutí po smykové ploše.

D.1. Přelítí hráze

Kóta koruny hráze je v rozmezí 273,30 – 273,80 m n. m. (podle zaměření při místním šetření [18]).

Výška výběhu vlny byla vypočtena na 0,51 m s počtem opakování $N = 100$ let (viz příloha č. 12). Výběh vlny je počítán podle ČSN 75 0255 [8]. Tento výpočet potvrzuje i tabulková hodnota podle ČSN 75 2935 [1], která byla stanovena na 0,50 m.

Tímto byla mezní bezpečná hladina stanovena na 272,75 m n. m.

D.2. Filtrační stabilita hráze

Na posouzení filtrační stability byl použit vztah [17]:

$$\gamma_{sit}\gamma_n\gamma_{fa}i_p \leq \gamma_{stf}\gamma_{fp}i_k, \quad (12)$$

kde:

i_k je normový kritický střední hydraulický gradient ($i_k = 0,80$) – podle Istominy,

γ_{sit} je součinitel návrhové situace ($\gamma_{sit} = 0,95$),

γ_n je součinitel účelu ($\gamma_n = 1,2$),

γ_{fa} je součinitel spolehlivosti zatížení ($\gamma_{fa} = 1,3$),

γ_{stf} je součinitel mezního stavu filtrační deformace ($\gamma_{stf} = 0,90$),

γ_{fp} je součinitel spolehlivosti odolnosti zeminy ($\gamma_{fp} = 0,50$),

i_p je střední hydraulický gradient [-] počítán podle vztahu:

$$i_p = \frac{H}{L}, \quad (13)$$

kde:

H je výška od hladiny vody k vyústění průsakové dráhy [m],

L je délka průsakové dráhy [m].

Jako výšku od hladiny k vyústění průsakové dráhy bylo dosazeno z důvodu neznalosti umístění drénu výška 1 m. Tedy $H = 5,0$ m od maximální hladiny. Pro přesnější výpočet je nutné udělat průzkum na zjištění stavu. Za délku průsakové dráhy je zvolena délka potrubí spodní výpustě $L = 32,3$ m.

Výsledkem je $0,212 < 0,405$. Na posouzení filtrační stability vodní dílo Šišma vyhovuje. Při osobní pochůzce nebyli nalezeny žádné průsaky ani závady. Pro přesnější výsledky je potřeba udělat zkoušky na druh zeminy a jeho filtrační hodnoty.

D.3. Celková stabilita hráze

Návodní líc má sklon 1:2,35 a vzdušný líc má sklon 1:1,6. ČSN 75 2410 [2] udává hodnoty pro maximální skony svahu dle materiálů hráze. I když je materiál hráze neznámý, tak sklony jsou vyšší než jakýkoliv sklony pro homogenní hráze, které udává tabulka. Z toho vyplývá, že vodní dílo Šišma nevyhovuje na celkovou stabilitu hráze dle ČSN 75 2410 [2]. Pro přesnější hodnoty, bude nutné udělat geologický průzkum pro určení vlastností materiálů hráze.

D.4. Souhrnné zhodnocení

Dle posudků byla mezní bezpečná hladina určena na kótě 272,70 m n. m.

E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

Při stanovení kontrolní maximální hladiny (KMH) v nádrži byly uvažovány dvě varianty. Obě varianty předpokládají hladinu v nádrži na hladině zásobního prostoru a obě povodně jsou s dobou opakování $N = 200$ let.

Tabulka 11-Maximální hodnoty povodňových vln

KPV	Max. přítok [m ³ /s]	Max. odtok [m ³ /s]	Max. hladina [m n. m.]
Varianta 1 – PV ₂₀₀	5,10	4,77	272,10
Varianta 2 – PV ₂₀₀	7,67	6,78	272,45

Na základě provedených výpočtů transformace kontrolní povodňové vlny vychází kontrolní maximální hladina na 272,45 m n. m.

F. Závěrečné zhodnocení

Z výpočtů transformace KPV vyplívá, že vodní nádrž Šišma převede KPV. Ale z důvodu sklonů svahů, které nevyhovují normě ČSN 75 2410 [2], byla vodní nádrž Šišma posouzena, že není bezpečná ve smyslu požadavků ČSN 75 2935 [1] a to konkrétně z důvodu celkové stability hráze.

G. Nápravná a nouzová opatření

Nápravná opatření se netýkají pouze opatření pro zabezpečení celkové stability hráze, ale také pro zajištění podmínek, za kterých byl posudek počítán a také se týkají opravy nedostatků v manipulačním řádu.

G.1. Geologický průzkum

Z důvodů nevyhovujícím sklonům svahů dle ČSN 75 2410 [2], je nutné udělat geologický průzkum, kterým by byly stanoveny materiál hráze a jeho vlastnosti. Následně by měl být proveden výpočet celkové stability hráze a určit, zdali je vodní dílo bezpečné.

G.2. Geodetické přeměření a oprava manipulačního řádu.

Jelikož výškové hodnoty z manipulačního řádu z roku 1991 [6] ani z manipulačního řádu z roku 2003 [7] neodpovídají skutečnosti. To to posouzení bylo provedeno na základě hodnot z geodetického zaměření [19], které bylo znovu ověřeno [18] pro jeho správnost.



Obr. 5 Geodetické zaměření

Ukázka rozdílných výškových hodnot je uvedena v tabulce 12.

Tabulka 12-Výškové rozdíly [7]

	Manipulační řády	Geodetické zaměření	Rozdíl [m]	Jednotky
Koruna hráze	274,00	273,30	0,70	m n. m.
Koruna bezpečnostního přelivu	272,60	271,60	1,00	m n. m.
Dno bezpečnostního přelivu	270,90	271,20	0,30	m n. m.
Hloubka bezpečnostního přelivu	1,70	1,40	0,30	m
Násyp	271,30	270,00	1,30	m n. m.
Koruna požeráku	272,95	271,95	1,00	m n. m.
Koruna betonového rozdělení požeráku	271,10	270,90	0,20	m n. m.
Dno vývaru spodní výpusti	266,30	265,30	1,00	m n. m.

Dále byli zjištěny geodetickým zaměřením i nepřesnosti které nejsou výškové, a to šířka koruny hráze, která nečiní 5 m ale v průměru okolo 4 m.

Z důvodů těchto velkých nepřesností, tento posudek doporučuje nechat udělat nové geodetické zaměření všech částí nádrže, jak hráze, tak i všech funkčních objektů. Tímto se změní většina hodnot z manipulačních řádek, proto by se měl přepracovat i manipulační řád.

G.3. Vyčištění spodní výpustě

Z pochůzky bylo zjištěno velké zanesení spodní výpustě a z neznámého důvodu, ve spodní výpusti je trubka. Tyto závady by mohly negativně ovlivnit transformaci povodně a mohlo by dojít k porušení hráze.



Obr. 6 Vnitřek potrubí spodní výpusti s dalším potrubím



Obr. 7 Vnitřek požeráku a potrubí v něm

G.4. Zajištění neprůjezdnosti

Neprůjezdnost hráze mají zajišťovat tři kameny, jenže bylo zjištěno, že na jedné straně kámen chybí a na druhé jsou objížďeny po návodním lící. Pojezd zemědělské techniky po návodním cíli může vést k narušení stability hráze.



Obr. 8 Koruna hráze a stopy pojezdu

G.5. Oprava bezpečnostního přelivu

Na bezpečnostním přelivu byli zjištěny netěsnosti a také rozpadání horní hrany koruny bezpečnostního přelivu. S tímto problémem se také váže narůstání koruny bezpečnostního přelivu. Možné řešení by bylo vyspárování bezpečnostního přelivu.



Obr. 9 Detail na korunu bezpečnostního přelivu



Obr. 10 Detail na zeď bezpečnostního přelivu

Dne 25.5.2017 v Brně

Podpis:

H. Použité podklady

- [1] ČSN 75 2935 Posouzení bezpečnosti vodních děl při povodních.
- [2] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [3] Vyhláška č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla ve znění vyhlášky č. 367/2005 Sb.
- [4] JANDORA, J. *programový produkt NADRZ*.
- [5] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.
- [6] BIOLEK, Zdeněk. *Manipulační řád pro vodní nádrž Šišma na vodním toku Obramka*. Schválil okresní úřad v Přerově referát životního prostředí, únor 1991.
- [7] DRAHOŠ, Milan. *Manipulační řád pro vodní nádrž Šišma na vodním toku Obramka*. Schválil Stanislav Holomek, listopad 2003.
- [8] ČSN 75 0255 Výpočet účinku vln na tavby na vodních nádržích a zdržích.
- [9] Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) v platném znění.
- [10] ČSN 75 2310 Sypané hráze.
- [11] Hydrologická studie. Teoretické PV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₁₀₀₀ Hukovického potoka v profilu hráze nádrže Bartošovice II [A = 5,65 km²]. ČHMÚ Ostrava. 05/1012.
- [12] Hydrologická studie. Teoretické PV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₁₀₀₀ v profilu VD Starý Jičín na říčce Grasmanka, ČHMÚ Ostrava. 01/1013.
- [13] Hydrologické údaje ČHMÚ, *m*-denní a *N*-leté průtoky, Teoretické povodňové vlny PV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₁₀₀₀ nádrže Guntramovice, Ostrava 9/2011.
- [14] Průběhy teoretických vln PV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₁₀₀₀ v profilu VD Markvartovice F na bezejmenném levostranném přítoku Ludgeřovického potoka, ČHMÚ Ostrava, 2/2012.
- [15] KONEČNÝ, Tomáš. *Posouzení bezpečnosti při povodních a návrh nápravných opatření pro vybrané malé vodní nádrže v okolí Přerova a Hranic*. Brno, 2016. 63 s., 27 s. příl. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební, katedra hydrotechniky. Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.
- [16] ČÍŽEK, David. Závady na vodní nádrži Šišma odstraněny mechanizací závodu Horní Morava. *Zpravodaj o vodě*. Brno: Povodí Moravy, s.p., 2012, **2012**(3), 20. ISSN 1803-666X.
- [17] ŘÍHA, J. a kol. Malé vodní a suché nádrže. ČKAIT – PROFESIS 2010, Informační centrum ČKAIT. Publikace č. 19 – Technická pomůcka.
- [18] ŠKRACH, Mikuláš a kol. Místní šetření bylo provedeno ve dnech 24. 9. 2016, 4. 5. 2017, 7. 5. 2017
- [19] geodetické zaměření dodané s Manipulačním řádem [7]

I. Seznam tabulek

Tabulka 1-Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl při povodni [3]

Tabulka 2-Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [1]

Tabulka 3-Výškové úrovně vybraných bodů [7]

Tabulka 4-Rozdělení objemů nádrže [7]

Tabulka 5-M-denní průtoky [7] [6]

Tabulka 6-N-leté průtoky (z roku 1991) [7] [6]

Tabulka 7-N-leté průtoky [11]

Tabulka 8-N-leté průtoky [12]

Tabulka 9-N-leté průtoky [13]

Tabulka 10-Maximální průtoky povodňových vln

Tabulka 11-Maximální hodnoty povodňových vln

Tabulka 12-Výškové rozdíly [7]

J. Seznam obrázků

Obr. 1 Koruna hráze (nyní pouze částečně) zabezpečená proti pojezdu

Obr. 2 Požerák - vtoková mříž

Obr. 3 Bezpečnostní přepad

Obr. 4 Koryto pod hrází

Obr. 5 Geodetické zaměření

Obr. 6 Vnitřek potrubí spodní výpusti s dalším potrubím

Obr. 7 Vnitřek požeráku a potrubí v něm

Obr. 8 Koruna hráze a stopy pojezdu

Obr. 9 Detail na korunu bezpečnostního přelivu

Obr. 10 Detail na zeď bezpečnostního přelivu

K. Seznam zkratk a symbolů

Seznam použitých zkratk:

MVN	malá vodní nádrž
PV	povodňová vlna
KPV	kontrolní povodňová vlna
VD	vodní dílo
MBH	mezní bezpečná hladina
KMH	kontrolní maximální hladina
DN	jmenovitá světlost
ČSN	česká státní norma

Seznam použitých značek:

A_s	plocha hladiny v čase	[m ²]
b	šířka přelivné hrany	[m]
$dh(t)/dt$	okamžitá změna polohy vody v nádrži	[m]
$dV(t)/dt$	okamžitá změna objemu vody v nádrži	[m ³]
g	gravitační zrychlení	[m/s ²]
h_0	přepadová výška zvětšená o přítokovou rychlostní výšku	[m]
h_1	výška od hladiny po horní hranu otvoru	[m]
h_2	výška od hladiny po dolní hranu otvoru	[m]
h	přepadová výška	[m]
H	rozdíl mezi maximální hladinou a vyústěním průsak. křivky	[m]
H_{\max}	maximální hladina	[m n. m.]
h_T	hloubka vody k těžišti výtokového otvoru	[m]
i_k	normový kritický střední hydraulický gradient	[-]
i_p	střední hydraulický gradient	[-]
L	délka průsakové dráhy	[m]
m	součinitel přepadu	[-]
Q_{in}	přítok do nádrže	[m ³ /s]
Q_N	N -letý průtok	[m ³ /s]
Q_{out}	odtok z nádrže	[m ³ /s]
R	omočený obvod	[m]

r	poloměr	[m]
S	průtočná plocha	[m ²]
V	objem	[m ³]
α	Coriolisovo číslo	[-]
μ	součinitel výtoku	[-]
λ	součinitel ztrát třením	[-]
γ_{sit}	součinitel návrhové situace	[-]
γ_{n}	součinitel účelu	[-]
γ_{fa}	součinitel spolehlivosti zatížení	[-]
γ_{stf}	součinitel mezního stavu filtrační deformace	[-]
γ_{fp}	součinitel spolehlivosti odolnosti zeminy	[-]
ξ	součinitel místních ztrát	[-]

L. Seznam příloh

Příloha 1 – Přehledná situace

Příloha 2 – Řez tělesem hráze a spodní výpustí

Příloha 3 – Řez a půdorys bezpečnostního přelivu

Příloha 4 – Podélný řez hráze

Příloha 5 – Čára zatopených ploch a objemů

Příloha 6 – Měrná křivka bezpečnostního přelivu

Příloha 7 – Měrná křivka spodní výpusti

Příloha 8 – Teoretické povodňové vlny PV_{100} PV_{200} PV_{1000} varianta 1

Příloha 9 – Teoretická povodňová vlna PV_{100} PV_{200} PV_{1000} varianta 2

Příloha 10 – Transformace KPV (PV_{200}) varianta 1

Příloha 11 – Transformace KPV (PV_{200}) varianta 2

Příloha 12 – Výpočet výběhu větrové vlny